

明細書

モータ駆動装置及びモータを有する電気機器

5 技術分野

本発明は、回転位置センサを持たないセンサレス型モータ（以下、センサレスモータ）の駆動装置及びこの駆動装置によって駆動されるセンサレスモータを有する電気機器に関するものである。

10 背景技術

MDドライバやHDDドライバ等に用いられるモータとして、ホール素子などによる回転位置センサが不要なセンサレスモータが、その構造が簡単であることなどの理由から多く用いられるようになってきている。このセンサレスモータは、停止しているときにそのマグネットロータのロータ位置が不明であることから、所定方向に確実に回転起動させるための起動方法に問題がある。

従来のセンサレスモータの起動方法としては、ロータ位置に無関係な予め定められたシーケンスでそのモータを強制的に振動させることにより起動させる方法などが用いられてきた。

この起動方法では、ロータ位置に無関係な起動論理によって生成される三相の電圧をモータに印加するので、モータが正転方向に始動するとは限らないと言う問題があった。

また、特開平5-268791号公報（以下、特許文献1）には、フローティング状態にあるステータコイルにおける零交差電圧をモニタする事によりロータ位置を検出するモータ駆動装置が示されている。しかし、この検出方法では、モータが回転していなければロータ位置を検出することは出来ないから、同期外れ後の再同期の際にロータ位置を検出できても、モータ起動前の停止状態ではロータ位置を検出すること

は出来なかった。

そこで、本出願人は、回転位置センサを持たないセンサレスモータの駆動を停止状態から回転位置に応じた所定の起動論理に基づいて駆動できるようにしたモータ駆動装置を既に提案している（特開 2004-104846；以下、関連文献という）。こ

5 関連文献は、この出願の優先日において、未だ、公知でない、

関連文献のモータ駆動装置は、モータの停止時にそのモータが回転しないようなロータ位置検出用駆動電圧を順次にステータコイルに供給し、その時に発生するステータコイルの midpoint 電圧と基準電圧とを比較した比較結果（検出パターン）に基づいてそのロータ位置を検出して、起動論理を決定するようにしている。

10 関連文献のモータ駆動装置では、対象とするモータによって midpoint 電圧の発生状況（例えば、その電圧レベルや、変化状況）が異なるから、所定の比較結果（検出パターン）を得られるようにするために対象とするモータ毎に基準電圧を合わせ込むことが必要である。また、midpoint 電圧の発生状況に依っては、基準電圧の合わせ込みのみでは所定の比較結果（検出パターン）を得ることが出来ない場合も発生することがある。

15 また、モータに印加される電源電圧が定格電圧より減少した減電時や増加した過電時には、ステータコイルの midpoint 電圧はその減電量や過電量に応じて変化する。したがって、減電時や過電時には、所定の比較結果（即ち、検出パターン）を得ることがさらに困難である。

20 そこで、本発明は、回転位置センサを持たないセンサレスモータの駆動装置及びこの駆動装置によって駆動されるセンサレスモータを有する電気機器において、適用されるセンサレスモータの種類に関わらず、停止状態でのロータ位置を確実に検出して適切な起動論理を決定し、安定してモータを起動することを目的とする。また、電源電圧が減電時や過電時にも同様に安定してモータを起動することを目的とする。

25 発明の開示

本発明のモータ駆動装置は、センサレスモータの複数のステータコイルに駆動電流

を供給するドライブスイッチ回路をドライブ信号によって制御してそのセンサレスモータを駆動するモータ駆動装置において、

- 5 そのセンサレスモータを回転させる前に、その複数のステータコイルの midpoint 電圧が変動し且つそのセンサレスモータが回転しないようなロータ位置検出用駆動電圧をその複数のステータコイルに供給するようにそのドライブスイッチ回路を制御するロータ位置検出用信号をそのドライブスイッチ回路に出力するシーケンス回路と、

- 10 そのロータ位置検出用駆動電圧が印加されたときのその複数のステータコイルの midpoint 電圧と、そのロータ位置検出用駆動電圧に基づいて形成された検出基準電圧とを比較し、その比較結果である検出パターンが予め用意されている検出論理パターン群の内のいずれかの検出論理パターンと一致するか否かを検出するパターン一致検出回路を備え、

- 15 一致するときには、その一致した検出論理パターンが示すロータ位置に応じた起動論理を発生する一方、一致しないときには、その検出基準電圧を変更させるとともに、そのシーケンス回路からロータ位置検出用信号を発生させて、ロータ位置検出を繰り返して行う。

また、そのロータ位置検出用電圧は、そのステータコイルの 1 相が低電位とオン・オフスイッチングで且つそのステータコイルの他相が高電位である状態と、そのステータコイルの 1 相が高電位とオン・オフスイッチングで且つそのステータコイルの他相が低電位である状態とが相を順次変化させてシーケンシャルに発生される。

- 20 また、その予め用意されている検出論理パターン群は、同じロータ位置に対して異なった複数の論理パターンを含んでいる。

また、そのパターン一致検出回路は、その複数のステータコイルに供給されるそのロータ位置検出用駆動電圧に基づいて形成される仮想中性点電圧と可変のオフセット電圧とを加算してその検出基準電圧を得る検出レベル生成回路を有する。

- 25 また、その仮想中性点電圧は、一端が各相へのそのロータ位置検出用駆動電圧が印加され、他端が共通接続された抵抗回路により形成される。

また、そのオフセット電圧は、オフセット切り換え信号によってレベル及び又は極性が切り換えられる。

また、そのパターン一致検出回路は、その中点電圧とその検出基準電圧とを比較する比較器と、該比較器からの比較出力が順次入力され検出パターンとして記憶するレジスタと、該レジスタに記憶された検出パターンとその予め用意されている検出論理パターン群とをパターン比較し、その比較結果に応じて、その起動論理と、ロータ位置検出処理もしくはモータ駆動処理を指令するモードセレクト信号とを出力するデコーダを有する。

本発明の電気機器は、センサレスモータと、このセンサレスモータを駆動する本発明のいずれかのモータ駆動装置とを備える。

本発明によれば、回転位置センサを持たないセンサレスモータの駆動装置及びこの駆動装置によって駆動されるセンサレスモータを有する電気機器において、複数のステータコイルの中点電圧が変動し且つそのモータが回転しないようなロータ位置検出用駆動電圧を複数のステータコイルに供給する。そして、ステータコイルの中点電圧と検出基準電圧とを比較する。その比較結果、即ち検出パターンが、予め用意されている検出論理パターン群の内のいずれかと一致した検出論理パターンが示すロータ位置に応じた起動論理を発生し、モータを起動する。一致しないときには、検出基準電圧を変更して、ロータ位置検出用信号を発生させロータ位置検出を繰り返して行う。これにより、適用されるモータの種類に関わらず、また、モータに応じた検出基準電圧の合わせ込みを行うことなく、停止状態でのロータ位置を確実に検出して適切な起動論理を決定し、安定してモータを起動することができる。また、電源電圧が減電時や過電時にも同様に安定してロータ位置を決定できるから、やはりモータを安定して起動できる。

また、ロータ位置検出用電圧として、ステータコイルの1相が低電位とオン・オフスイッチングで且つステータコイルの他相が高電位である状態と、ステータコイルの1相が高電位とオン・オフスイッチングで且つステータコイルの他相が低電位である

状態とを相を順次変化させてシーケンシャルに発生させるから、センサレスモータのロータ位置を確実に効率よく検出することができる。

図面の簡単な説明

- 5 図 1 は、モータ駆動装置の全体構成を示す図である。
- 図 2 は、図 1 の駆動装置のタイミングチャートである。
- 図 3 は、モータ位置検出用駆動電圧の波形図である。
- 図 4. A は、中点電圧とロータの回転位置との関係を説明するための図である。
- 図 4. B は、中点電圧とロータの回転位置との関係を説明するための他の図であ
- 10 る。
- 図 5. A は、ロータ位置検出用駆動電圧印加時の比較出力のパターン例 1 を示す図である。
- 図 5. B は、ロータ位置検出用駆動電圧印加時の比較出力のパターン例 2 を示す図である。
- 15 図 5. C は、ロータ位置検出用駆動電圧印加時の比較出力のパターン例 3 を示す図である。
- 図 5. D は、ロータ位置検出用駆動電圧印加時の比較出力のパターン例 4 を示す図である。
- 図 6. A は、検出レベル生成回路の具体的構成例を示す図である。
- 20 図 6. B は、検出レベル生成回路の他の具体的構成例を示す図である
- 図 7 は、検出基準電圧 C T R の変更例を示す図である。
- 図 8 は、検出論理パターン群の検出論理パターンを考えやすい形式で示す図である。
- 図 9 は、検出論理パターン群の実際の検出論理パターンを示す図である。
- 25 図 10 は、ロータ位置決定のための概略のフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明のセンサレスモータの駆動装置及びこの駆動装置によって駆動されるセンサレスモータを有する電気機器の実施例について、図を参照して説明する。図1は、センサレスモータが3相である場合のモータ駆動装置の全体構成を示す図である。

5 なお、本発明は、3相モータ以外の多相モータにも適用することができる。

図1において、ドライバ部（即ち、ドライブスイッチ回路）1は、3相駆動回路であり、 n チャンネル型MOSFETであるパワートランジスタQ1～Q6によって構成される。パワートランジスタQ1～Q3のドレインは共通接続され、駆動電圧（電源電圧）VCCが印加される端子に接続される。パワートランジスタQ1のソースが
10 パワートランジスタQ4のドレインに、パワートランジスタQ3のソースがパワートランジスタQ5のドレインに、パワートランジスタQ3のソースがパワートランジスタQ6のドレインに、それぞれ接続される。そして、パワートランジスタQ4～Q6のソースは共通接続され、グラウンドに接続される。なお、パワートランジスタQ1～Q6は p チャンネル型MOSFETでもよく、また、パワートランジスタQ1～Q3
15 を p チャンネル型MOSFETとし、パワートランジスタQ4～Q6を n チャンネル型MOSFETとしてもよい。

センサレスモータ2のステータコイルLuの一端がパワートランジスタQ1とパワートランジスタQ4との接続ノードに接続され、ステータコイルLvの一端がパワートランジスタQ2とパワートランジスタQ5との接続ノードに接続され、ステータコ
20 イルLwの一端がパワートランジスタQ3とパワートランジスタQ6との接続ノードに接続される。また、モータ2のステータコイルLu、Lv、Lwの他端が共通接続される。このように、ステータコイルLu、Lv、Lwは、スター結線されている。

モータ駆動制御回路3が、ドライブスイッチ回路1とモータ2との各接続ノードと、モータ2のステータコイルLu、Lv、Lwの他端（共通接続点；中点）と、ドライブ
25 信号D1～D6が出力される端子を介してパワートランジスタQ1～Q6の各ゲートとに接続される。

ドライブスイッチ回路 1 は、モータ駆動制御回路 3 から出力されるドライブ信号 D 1 ~ D 6 によって、制御される。そして、ドライブスイッチ回路 1 からモータ 2 に駆動電圧が供給され、駆動電流が流れてモータ 2 が回転する。

次に、モータ駆動制御回路 3 について説明する。モータ駆動制御回路 3 は、モード
5 セレクト回路 1 1 と、逆起電圧検出回路 1 2 と、スイッチングノイズマスク回路 1 3 と、ドライブ波形生成回路 1 4 と、マグネットロータの停止時のロータ位置を検出し起動論理を発生するためのロータ位置検出回路 2 0 とによって構成される。

逆起電圧検出回路 1 2、スイッチングノイズマスク回路 1 3、ドライブ波形生成回路 1 4 は、モータ 2 が起動した後に定常回転させるための回路である。モータ起動後
10 の回転中においては、逆起電圧検出回路 1 2 がモータ駆動電圧 V_{uout} 、 V_{vout} 、 V_{wout} とステータコイルの midpoint 電圧 C_{TM} とからフローティング状態にあるステータコイルに発生する逆起電圧を検出し、この逆起電圧の検出信号をスイッチングノイズマスク 1 3 に出力する。スイッチングノイズマスク 1 3 は、パワートランジスタ Q 1 ~ Q 6 のスイッチングによって発生するスイッチングノイズを除去した後、
15 逆起電圧の検出信号をドライブ波形生成回路 1 4 に出力する。ドライブ波形生成回路 1 4 は、逆起電圧の検出信号からモータ回転中のロータ位置を検出して、そのロータ位置に応じてドライブ信号 $MTX1 \sim MTX6$ を生成する。モータ起動後は、モードセレクト回路 1 1 は、運転側に切り替わっているため、信号 $MTX1 \sim MTX6$ がモードセレクト回路 1 1 を介してドライブ信号 D 1 ~ D 6 としてドライブ部 1 に出力さ
20 れる。

さて、モータ 2 を停止状態から、運転状態に起動するためには、停止しているロータ位置を特定し、そのロータ位置に応じた起動論理をドライブ波形生成回路 1 4 に与える必要がある。この起動論理をロータ位置検出回路 2 0 が発生する。

ロータ位置検出回路 2 0 は、制御動作に必要とされる各種のクロックを発生し各構
25 成要素に供給するクロック発生回路 2 1 と、ロータ位置検出用信号 S 1 ~ S 6 を発生するシーケンス回路 2 2 と、電圧レベルが可変の検出基準電圧 C_{TR} を発生する検出

レベル生成回路 23 と、ステータコイル中点電圧 C_{TM} と検出基準電圧 C_{TR} とを比較して、検出パターンになる比較出力 C_{TO} を出力するコイル中点変動検出コンパレータ（比較器）24 と、比較出力 C_{TO} をロータ位置検出用信号 S₁ ～ S₆ と同期して順次取り込んで検出パターン R₁ ～ R₆ として記憶し、記憶された検出パターン R₁ ～ R₆ を出力するレジスタ 25 と、レジスタ 25 に記憶された検出パターン R₁ ～ R₆ を予め用意されている検出論理パターン群とパターン比較し、その比較結果が一致するときには、その一致した検出論理パターンが示すロータ位置に応じた起動論理 Y₁ ～ Y₃ を発生し、一致しないときには、シーケンス回路 22 からロータ位置検出用信号 S₁ ～ S₆ を発生させると共に検出基準電圧 C_{TR} を変更してロータ位置検出を繰り返して行うようにモードセレクト信号 SEL を出力するデコーダ 26 と、プリセット回路 27 を有している。このロータ位置検出回路 20 から、シーケンス回路 22 を除いたものは、パターン一致検出回路となる。

そのデコーダ 26 は、同じロータ位置に対して異なった複数の論理パターンを含んで予め用意されている検出論理パターン群を記憶している論理検出テーブル 26A と、レジスタ 25 から供給される検出パターン R₁ ～ R₆ が検出論理パターン群の内のいずれかの論理検出パターンと一致するかどうかを比較検出し、一致するものがある場合に一致したことを示すパターン一致信号 C₁ と一致した検出論理パターン P₁ を出力する検出パターン比較回路 26B と、パターン一致信号 C₁ によってセットされリセット信号 R によってリセットされるフリップフロップ（FF）回路 26C と、FF 回路 26C からセット出力 Q（モードセレクト信号 SEL）が出されたときに、一致した検出論理パターン P₁ に応じた起動論理 Y₁ ～ Y₃ を出力する論理変換回路 26D を有している。

クロック発生回路 21 は、図示しない制御回路等からモータ起動命令信号 ST がロータ位置検出回路 20 に供給されると、短周期パルス信号である第 1 クロック CK₁（例えば、50 kHz）を発生し、この第 1 クロックを分周して得られる第 2 クロック ～ 第 5 クロックを発生して、それぞれ所要の回路に供給する。これら第 2 ～ 第 5 ク

ロックは、図2のタイミングチャートに示されるように、第2クロックCK2はレジスタ25への比較出力CTOを取り込むタイミングを決めるレジスト指令信号であり、第3クロックCK3はロータ位置検出用信号S1～S6の状態を切り換える期間切り換えタイミング信号であり、第4クロックCK4はそのレベルが高(H)レベルか低(L)レベルであるかによって、検出パターンを決める検出サイクル信号であり、また、第5クロックCK5は2つの検出サイクル毎に出力される検出レベル切り換え信号である。

シーケンス回路22は、モードセレクト信号SELがロータ位置検出用信号S1～S6が選択されるロータ位置検出期間中に動作する。第5クロックCK5を基準にして、第3クロックCK3毎にロータ位置検出用信号S1～S6の状態を変化させる。

ロータ位置検出用信号S1～S6は、モータ2が動き出さないような短い時間のみ出力される。時点 $t_0 \sim t_1$ 、 \dots 、 $t_5 \sim t_6$ の各期間T1～T6は例えばそれぞれ600 μ sであり、Hレベル区間と、Lレベル区間と、クロックCK1と同一波形になるパルス区間とを有している。ロータ位置検出用信号S1を例にとると、T1期間とT2期間がLレベル区間であり、T3区間がHレベル区間であり、T4区間がパルス区間であり、T5区間がHレベル区間であり、そしてT6区間がLレベル区間である。なお、ロータ位置検出用信号S1～S6の順番は、モータ位置検出用駆動電圧Vuout、Vvout、Vwoutの発生の仕方に応じて決められる。

モードセレクト回路11は、ロータ位置検出中にはロータ位置検出用信号S1～S6を選択してドライブ部1に出力し、パワートランジスタQ1～Q6をオン・オフ制御する。具体的に一例を示すと、期間T1ではパワートランジスタQ1、Q5、Q6がオフになり、パワートランジスタQ2、Q3がオンになり、パワートランジスタQ4がクロックCK1と同期してオン/オフスイッチングされる。期間T2ではパワートランジスタQ1、Q2、Q6がオフになり、パワートランジスタQ4、Q5がオンになり、パワートランジスタQ3がクロックCK1と同期してオン/オフスイッチングされる。期間T3ではパワートランジスタQ2、Q4、Q6がオフになり、パワ-

トランジスタQ1、Q3がオンになり、パワートランジスタQ5がクロックCK1と同期してオン/オフスイッチングされる。期間T4ではパワートランジスタQ2、Q3、Q4がオフになり、パワートランジスタQ5、Q6がオンになり、パワートランジスタQ1がクロックCK1と同期してオン/オフスイッチングされる。期間T5ではパワートランジスタQ3、Q4、Q5がオフになり、パワートランジスタQ1、Q2がオンになり、パワートランジスタQ6がクロックCK1と同期してオン/オフスイッチングされる。期間T6ではパワートランジスタQ1、Q3、Q5がオフになり、パワートランジスタQ4、Q6がオンになり、パワートランジスタQ2がクロックCK1と同期してオン/オフスイッチングされる。

- したがって、ステータコイルLu、Lv、Lwに印加されるモータ位置検出用駆動電圧Vuout、Vvout、Vwoutは、図3に示されるように、期間T1ではL*、H、Hに、期間T2ではL、L、H*に、期間T3ではH、L*、Hに、期間T4ではH*、L、Lに、期間T5ではH、H、L*に、期間T6ではL、H*、Lになる。ここで、H*は、Hレベルとオフとの間でのスイッチングを示し、L*は、Lレベルとオフとの間でのスイッチングを示している。これにより、ステータコイルLu、Lv、Lwには、第1クロックCK1と同一周期である短周期のパルス状電流が流れる。期間T1～期間T6によって、1つの検出サイクルが構成される。なお、ステータコイルLu、Lv、Lwに流す電流を、短周期のパルス状電流とするのは、ステータコイルのインピーダンスを大きくして、中点電圧CTMの変動幅を大きくするためである。

センサレスモータ2のマグネットロータのマグネットが形成する磁界によって各ステータコイルのインピーダンスが変化する。したがって、ステータコイルの各一端電圧を図3の検出サイクルT1～T6のように変化させることにより、停止状態のロータ位置に応じてステータコイルの中点電圧CTMは変動する。よって、この中点電圧CTMの変化を監視することにより、停止状態のロータ位置を特定することができる。

比較器24は、中点電圧CTMの変化を、検出レベル生成回路23の検出基準電圧

CTRと比較して、この比較出力CTOを出力する。各検出サイクルT1～T6における比較出力CTOから検出パターンを得る。

この中点電圧CTMは、同様な構造のセンサレスモータであっても、個々のモータによってその電圧の発生度合いが異なる。図4．A及び図4．Bは、中点電圧CTMがロータの位置に応じて変化する状況を説明するための図である。この図4．A及び図4．Bでは、モータの2つの相をHレベルとし、他の1相をLレベルとオフとにスイッチングさせながら、そのモータのマグネットロータの位置を電気角度で0°から360°まで手動によってずらせて行っったときの中点電圧CTMの変動を示している。また、モータの2つの相をLレベルとし、他の1相をHレベルとオフとにスイッチングさせることとしても良い。

このように中点電圧CTMの変化の大きさやパターンは、ステータコイルのインダクタンス成分や抵抗成分、磁界の強さ、ロータとステータとの距離（ギャップ長）等に応じてモータによって異なることになる。

関連文献では、比較出力CTOから検出サイクルにおける所定の検出パターンを得ることができるように、モータの種類に合わせて検出基準電圧CTRのレベルを調整していた。

しかし、MDドライバやHDDドライバには多くの種類（例えば、10数種類）のセンサレスモータが採用される。したがって、用いられるモータ毎に検出基準電圧CTRのレベルを合わせ込む調整作業が、必要となっていた。

また、図4．Aのように、中点電圧CTMの最高点（最大ピーク点）が他の部分と明確に区別できる場合には、関連文献に示されているような1種類の検出論理パターンでも、検出基準電圧CTRのレベルの合わせ込みによって、検出可能である。しかし、図4．Bに示されるような中点電圧CTMの変化パターンを示すモータに対しては、関連文献に示されているような1種類の検出論理パターンでは、もはや、検出基準電圧CTRのレベルの合わせ込みのみだけでは、的確にロータ位置を検出することは困難である。

そこで、本発明では、検出論理パターン群として、同じロータ位置に対して異なった複数の論理パターンを含むように複数種類の検出論理パターンを予め用意すること、検出パターンが検出論理パターン群の内のいずれとも一致しないときには、検出基準電圧CTRを変更して、ロータ位置検出を繰り返して行うこと、としている。これにより、適用されるモータの種類に関わらず、また、モータに応じた検出基準電圧の合わせ込みを行うことなく、停止状態でのロータ位置を確実に且つ自動的に検出する。このために、検出レベル生成回路23やデコーダ26などを、本発明に特有の構成としている。

図4. A、図4. Bでは、モータの2つの相をHレベルとし、他の1相をLレベルとオフとにスイッチングさせながら、そのモータのマグネットロータの回転位置を電気角度で 0° から 360° まで手動によってずらせて行ったときの midpoint 電圧CTMの変動を示した。しかし、実際には、マグネットロータを回転させるのではなく、その代わりに、図2のようにロータ位置検出用信号S1～S6を発生させる。そのロータ位置検出用信号S1～S6によって、図3のようにロータ位置検出用駆動電圧Vout、Vvout、Vwoutを発生させている。その場合の比較出力CTOの例を、図5. A～図5. Dに示している。

この例では、図5. Aが或る電気角（例えば、 0° ）での midpoint 電圧CTMと検出基準電圧CTRとの差CTM-CTRを期間T1～期間T6の検出パターンとして示している。図5. Aの検出パターンは、「LLLLHLL」である。この検出パターンが、図5. Bでは「LLLLHHL」になり、図5. Cでは「LLLLHHL」になり、 60° 電気角が経過した図5. Dでは「LLLLLHL」になる。このような電気角 360° の検出パターンの変化を、検出して、ロータ位置を特定することが可能になる。

検出レベル生成回路23の具体的構成例が、図6. A及び図6. Bに示されている。まず、図6. Aの構成例について説明する。

図6. Aにおいて、抵抗31-1の一端に駆動電圧Voutが入力され、抵抗31-2の一端に駆動電圧Vvoutが入力され、抵抗31-3の一端に駆動電圧Vw

outが入力される。抵抗31-1~31-3の他端は、共通接続されて差動アンプ
 32の非反転入力端に接続される。抵抗31-1~31-3の他端に、仮想中性点電
 圧が発生する。差動アンプ32の出力端子及び反転入力端子が、直接に接続されて、
 ボルテージフォロアとして動作する。差動アンプ32の出力端子が、抵抗33-1と
 5 スイッチ34-1の直列回路、抵抗33-2とスイッチ34-2の直列回路、乃至抵
 抗33-nとスイッチ34-nの直列回路を介して比較器24の反転入力端子に接続
 される。この反転入力端子に入力される電圧が、検出基準電圧CTRになる。また、
 比較器24の反転入力端子に定電圧端子から定電流源35を介して定電流I1が流入
 し、比較器24の反転入力端子から定電流源36を介してグランドへ定電流I2が流
 10 出する。比較器24の非反転入力端子には中点電圧CTMが入力される。オフセット
 電圧調整回路が、これら抵抗33-1~33-n、スイッチ34-1~34-n、定
 電流源35、36、オフセットレベル切換回路37、オフセット方向切換回路38を
 含んで、形成される。

スイッチ34-1~34-nはオフセットレベル切換回路37からの切換信号によ
 15 って選択的に切り換えられる。また、定電流源35、36は、オフセット方向切換回
 路38からの切換信号によって切り換えられる。定電流I1、I2は同じ大きさで良
 いが、大きさが異なっても良い。また、定電流源35、36は、オフセット電圧
 を与えないように、同時にオフにするようにしても良い。

定電流源35、36及びスイッチ34-1~34-nを切り換えることにより、抵
 20 抗31-1~31-3の他端に発生する仮想中性点電圧（即ち、ボルテージフォロア
 として動作する差動アンプ32の出力電圧）に加算或いは減算するオフセット電圧の
 レベル及び方向が変更されるから、検出基準電圧CTRが変更される。

また、図6．Bにおいて、抵抗41-1の一端に駆動電圧Vuoutが入力され、
 抵抗41-2の一端に駆動電圧Vvoutが入力され、抵抗41-3の一端に駆動電
 25 圧Vwoutが入力される。抵抗41-1~41-3の他端に、仮想中性点電圧が発
 生する。抵抗41-1~41-3の他端は、共通接続されて比較器24の反転入力端

子に接続される。共通接続された抵抗 $41-1 \sim 41-3$ の他端には、定電圧端子から定電流源 $42-1$ とスイッチ $43-1$ との直列回路、定電流源 $42-2$ とスイッチ $43-2$ との直列回路、乃至定電流源 $42-n$ とスイッチ $43-n$ との直列回路を介して電流 I_1 が流入する。また、共通接続された抵抗 $41-1 \sim 41-3$ の他端から、

5 定電流源 $44-1$ とスイッチ $45-1$ との直列回路、定電流源 $44-2$ とスイッチ $45-2$ との直列回路、乃至定電流源 $44-n$ とスイッチ $45-n$ との直列回路を介して電流 I_2 がグランドへ流出する。この反転入力端子に入力される電圧が、検出基準電圧 CTR になる。比較器 24 の非反転入力端子には中点電圧 CTM が入力される。オフセット電圧調整回路が、これら定電流源 $42-1 \sim 42-n$ 、スイッチ $43-1$

10 $\sim 43-n$ 、スイッチ $45-1 \sim 45-n$ 、定電流源 $44-1 \sim 44-n$ 、オフセットレベル切換回路 46 、オフセット方向切換回路 47 を含んで、形成される。

スイッチ $43-1 \sim 43-n$ 及び $45-1 \sim 45-n$ はオフセットレベル切換回路 46 及びオフセット方向切換回路 47 からの切換信号によって選択的に切り換えられる。スイッチ $43-1 \sim 43-n$ 及び $45-1 \sim 45-n$ を切り換えることにより電

15 流の大きさ及び方向が調整できるから、抵抗 $41-1 \sim 41-3$ の他端に発生する検出基準電圧 CTR が変更される。電流 I_1 、 I_2 は同じ大きさで良いが、大きさが異なっても良い。また、オフセット電圧を与えないように、スイッチ $43-1 \sim 43-n$ 及び $45-1 \sim 45-n$ を同時にオフにするようにしても良い。

図 7 に、ロータ位置検出用信号 $S1 \sim S6$ と同期して切り換えられる検出基準電圧

20 CTR の変更例を示している。図 7 では、 2 つの検出サイクル毎にオフセット電圧のレベルが切り換えられる。そのレベルの切り換えタイミングは、検出レベル切換信号 $CK5$ により決定される。

第 1 検出サイクルでは、期間 $T1$ 、 $T3$ 、 $T5$ において 2 つの相が H レベルで、他の 1 相が L レベルとオフとのスイッチングであるから、検出基準電圧 CTR は $2 \cdot V_{CC}/3$ にオフセット電圧を加算した電圧とされる。また、期間 $T2$ 、 $T4$ 、 $T6$ において 2 つの相が L レベルで、他の 1 相が H レベルとオフとのスイッチングであるか

25

ら、検出基準電圧CTRは $VCC/3$ からオフセット電圧を減算した電圧とされる。
つまり、期間切り換えタイミング信号CK3と同期して、定電流源35、36が交互
に切り換えられている。

第2検出サイクルでは、各期間T1～T6でオフセット電圧の極性が第1サイクル
5 とは逆にされている。即ち、期間T1、T3、T5では、検出基準電圧CTRは $2 \cdot VCC/3$
からオフセット電圧を減算した電圧とされる。また、期間T2、T4、T
6では、検出基準電圧CTRは $VCC/3$ にオフセット電圧を加算した電圧とされる。
つまり、期間切り換えタイミング信号CK3と同期して、定電流源35、36が第1
検出サイクルとは逆に交互に切り換えられている。第1検出サイクルと、第2検出サ
10 イクルの切換は、検出サイクル信号CK4により、判別される。

第3検出サイクルでは、検出レベル切換信号CK5によりオフセット電圧のレベル
が切り換えられる。その後、第1、第2検出サイクルと同じようにして、検出基準電
圧CTRが切り換えられていく。

この検出サイクルの更新は、検出パターンが検出論理パターン群のうちの1つの検
15 出論理パターンと一致した段階で中止することがよい。また、オフセット電圧のレベ
ル、方向の全ての組み合わせでの検出サイクルが終わったときに終了するようにして
も良い。

レジスタ25は、比較器24からの比較出力CTOを、レジスト指令信号CK2の
タイミングで読み込んで記憶していく。そして、各検出サイクルの終了毎に検出サイ
20 クル信号CK4に同期して、記憶している比較出力CTOを検出パターンR1～R6
として、デコーダ26に出力する。

デコーダ26内の論理検出テーブル26Aには、各種のセンサレスモータに適合す
るように設定されている、検出論理パターン群が記憶されている。

図8は、論理検出テーブル26Aに予め用意されている検出論理パターン群の検出
25 論理パターンを、考えやすい形式で示している。図8では、検出論理パターン1～検
出論理パターン4で検出論理パターン群を構成している。検出論理パターン1～検出

- 論理パターン4において、Pos. 1~Pos. 12は、電気角360°を12等分した各ロータ位置を示している。この図8からも判るように、各ロータ位置に対応する検出論理パターンが複数、この例では4つ用意されている。例えば、ロータ位置Pos. 1についてみると、「LHHL L L」、「LHHL L L」、「HHHH L L」、「HHHHL L」である。ロータ位置Pos. 1において、検出論理パターン1~4のいずれに該当しても、同じロータ位置を示すものであるから起動論理Y1, Y2, Y3は、いずれも同じ、「H、L、M」である。なお、「H、L、M」は、U相が高レベル、V相が低レベル、W相が開放状態、であることを示している。他の起動論理Y1~Y3も同様である。
- 10 図9が実際の検出論理パターン群である。各検出サイクルにおける期間T1~期間T6のうち、期間T1、T3、T5と期間T2、T4、T6とは、その電圧レベルが逆転している。したがって、比較出力CTOも、期間T1、T3、T5と期間T2、T4、T6とでは逆になる。図9では、期間T1、T3、T5の論理を図8と逆にしたものとなる。即ち、期間T1、T3、T5においては、図8のHレベルを図9では
- 15 Lレベルにし、図8のLレベルを図9ではHレベルにしている。
- 検出パターン比較回路26Bは、レジスタ25からの検出パターンR1~R6を、論理検出テーブル26Aの検出論理パターン群と比較する。検出パターンR1~R6が検出論理パターン群のうちの1つの検出論理パターンと一致したときに、パターン一致信号C1と、一致した検出論理パターンP1を出力する。
- 20 FF回路26Cは、パターン一致信号C1が入力されるとセットされ、出力端子Qからモードセレクト信号SELを出力する。このモードセレクト信号SELは、モードセレクト回路11に入力されて、それまでのロータ位置検出用信号S1~S6の出力状態から、ドライブ信号MTX1~MTX6を出力するように切り換える。このモードセレクト信号SELが出力されたときは、ロータ位置が決定されたことを意味するから、モードセレクト信号SELによってロータ位置検出回路20の動作を停止さ
- 25 せることがよい。

また、論理変換回路 26D はモードセレクト信号 SEL が入力されて、その時点で供給されている論理検出パターン P1 を起動論理 Y1 ~ Y3 に変換する。

プリセット回路 27 は、論理変換回路 26D から出力された起動論理 Y1 ~ Y3 をドライブ波形生成回路 14 に供給する。なお、PR はプリセット信号であり、このプリセット信号 PR がプリセット回路 27 に入力されたときには、所定の起動論理 Y1 ~ Y3 を出力する。

次に、以上のように構成されるモータ駆動装置の動作について、図 10 のフローチャートも参照して、説明する。

センサレスモータ 2 が停止している状態で、ステップ S101 でマグネットロータの位置検出がスタートすると、モータ起動命令信号 ST がロータ位置検出回路 20 に供給されて、位置検出動作が開始される。

モータ起動命令信号 ST によって、クロック発生回路 21 が発振を開始し、図 2 のように第 1 ~ 第 5 クロック CK1 ~ CK5 を発生する。図 2 の第 1 検出サイクルにおいて、ロータ位置検出用信号 S1 ~ S6 が、各期間 T1 ~ T6 毎に、ドライブスイッチ回路 1 に供給され、パワートランジスタ Q1 ~ Q6 をスイッチングする。これにより、モータ 2 のステータコイル Lu、Lv、Lw に図 3 に示されるようなモータ位置検出用駆動電圧 Vuout、Vvout、Vwout が印加される。

このモータ位置検出用駆動電圧 Vuout、Vvout、Vwout の印加により、ロータ位置に応じて中点電圧 CTM が発生される。一方、第 1 検出サイクルにおいて、図 7 に示されるような検出基準電圧 CTR が発生されている。これら中点電圧 CTM と検出基準電圧 CTR とが比較器 24 で期間 T1 ~ T6 毎に比較されて、その比較出力 CTO がレジスタ指令信号 CK2 のタイミングでレジスタ 25 に順次取り込まれる。このレジスタ 25 への取り込みタイミングは、各期間 T1 ~ T6 中の任意の時点でもよく、好ましくは中点電圧 CTM が安定して発生される時点に設定される。

レジスタ 25 に第 1 検出サイクル分の比較出力 CTO が取り込まれると、ステップ S102 で、レジスタ 25 から第 1 検出サイクル分の比較出力 CTO が検出パターン

R 1 ~ R 6 として、デコーダ 2 6 の検出パターン比較回路 2 6 B に供給される。

ステップ S 1 0 3 で、その検出パターン R 1 ~ R 6 が論理検出テーブル 2 6 A の検出論理パターン群のうちのいずれかの論理検出パターンと一致するかどうかを検出パターン比較回路 2 6 B で照合する。

- 5 この照合の結果、その検出パターン R 1 ~ R 6 が検出論理パターン群のうちのいずれの論理検出パターンとも一致しない（即ち、不一致）場合には、パターン一致信号 C 1 及び一致した検出論理パターン P 1 は出力されない。そして、第 2 検出サイクルに入る。

- 10 第 2 検出サイクルでは、ステップ S 1 0 4 において、検出基準電圧 C T R を、第 1 検出サイクルでの検出基準電圧 C T R と異ならせる。検出基準電圧 C T R を異ならせる例として、図 7 に示されるように、オフセット電圧の極性を各期間 T 1 乃至 T 6 において逆にすることができる。この場合にはオフセットレベルは一定で極性のみを逆にすれば良い。また、他の例として、オフセット電圧の極性は同じでそのオフセットレベルを異ならせる。つまり、オフセットレベルのみ切り換えていってもよい。

- 15 このように第 2 検出サイクルでは、検出基準電圧 C T R を異ならせて、再度ステップ S 1 0 2 で検出パターン R 1 ~ R 6 を得て、ステップ S 1 0 3 で再度検出結果を照合する。

- 20 照合の結果が一致しない場合には、第 3 検出サイクルに入り、同様にステップ S 1 0 4、S 1 0 2、S 1 0 3 を繰り返す。このように、検出基準電圧 C T R を変更して、検出サイクルを繰り返す。この場合の検出基準電圧 C T R は、2 つの検出サイクル毎にオフセットレベルを変更し、その 2 つの検出サイクルの奇数番目の検出サイクルと偶数番目の検出サイクルとでオフセット電圧の極性を逆にする。また、オフセット電圧を検出サイクル毎に順次大きくし、或いは順次小さくするようにして、検出基準電圧 C T R を変更しても良い。

- 25 ステップ S 1 0 3 での照合の結果、その検出パターン R 1 ~ R 6 が検出論理パターン群のうちのいずれかの論理検出パターンと一致した場合には、検出パターン比較回

路 2 6 B からパターン一致信号 C 1 及び一致した検出論理パターン P 1 が出力される。

パターン一致信号 C 1 によって F F 回路 2 6 C がセットされ、モードセレクト信号 S E L が出力される。このモードセレクト信号 S E L はモードセレクト回路 1 1 を切り換えて、モードセレクト回路 1 1 からロータ位置検出用信号 S 1 ～ S 6 に代えて、

- 5 ドライブ信号 M T X 1 ～ M T X 6 を出力できるようにする。

一致した検出論理パターン P 1 が論理変換回路 2 6 D で対応する起動論理 Y 1 ～ Y 3 に変換される。起動論理 Y 1 ～ Y 3 はプリセット回路 2 7 を介してドライブ波形生成回路 1 4 に供給される。

- 10 このように、本発明のモータ駆動装置は、照合の結果が一致しない場合には、検出基準電圧 C T R を変更して、ロータ位置検出用信号を発生させロータ位置検出を繰り返して行う。また、予め用意されている検出論理パターン群は、同じロータ位置に対して異なった複数の論理パターンを含むように形成されている。したがって、適用されるモータの種類が異なっても、モータに応じた検出基準電圧の合わせ込みを行う必要が無く、停止状態でのロータ位置を確実に検出することができる。また、電気
- 15 機器の電源電圧 V C C はその電源によっては電圧低下（減電）したり、電圧上昇（過電）することがあるが、このような減電時や過電時にも同様に安定してロータ位置を決定できる。したがって、共通のモータ駆動装置によって、外部からの検出基準電圧の合わせ込みを行う必要が無く、モータの種類や電源電圧に依らずに、各種モータを安定して起動することができる。

- 20 なお、1 回の検出サイクルに要する時間は、数 m s e c （例、約 5 m s e c ）であるから、検出サイクルを何回か繰り返したとしても実用的な時間内にロータ位置を検出することができる。

- 25 なお、デコーダ 2 6 において、検出パターンが一致したときにのみ、その一致した検出論理パターン P 1 を出力しても良く、また、検出パターン R 1 ～ R 6 を毎回出力しモードセレクト信号 S E L が出力されたときに起動論理への論理変換を行うようにしてもよい。

また、モードセレクト信号SELが出力されたときに、ロータ位置検出回路20を停止させるようにすることがよい。これにより、無駄な電力消費を削減できる。

- また、本発明のモータ駆動装置では、論理パターンが一致するまで、検出基準電圧CTRを変更しつつ検出サイクルを繰り返すから、通常はいずれかの検出サイクルで一致する論理パターンが得られる。ただ、何らかの理由で所定回数の検出サイクルを行っても一致する論理パターンが得られ無い場合には、プリセット回路27にプリセット信号PRを与えて、所定の起動論理Y1～Y3を与えて強制的に起動することができる。

- 本発明のモータ駆動装置を用いたMDドライバやHDDドライバ等では、モータが逆回転方向に起動することがないので、モータ、例えばスピンドルモータの起動がスムーズに且つ速やかに行われる。また、以上の実施例では、ドライブスイッチ回路1をモータ駆動制御回路3と別の構成として示したが、これらを1つのICで構成しても良い。

15 産業上の利用可能性

本発明に係るモータ駆動装置によると、MDドライバやHDDドライバ等に用いられるセンサレスモータの種類に関わらず、停止状態でのロータ位置を確実に検出して適切な起動論理を決定し、安定してモータを起動することができる。

請求の範囲

1. センサレスモータの複数のステータコイルに駆動電流を供給するドライブスイッチ回路をドライブ信号によって制御して前記センサレスモータを駆動するモータ駆動装置において、
- 前記センサレスモータを回転させる前に、前記複数のステータコイルの midpoint 電圧が変動し且つ前記センサレスモータが回転しないようなロータ位置検出用駆動電圧を前記複数のステータコイルに供給するように前記ドライブスイッチ回路を制御するロータ位置検出用信号を前記ドライブスイッチ回路に出力するシーケンス回路と、
- 10 前記ロータ位置検出用駆動電圧が印加されたときの前記複数のステータコイルの midpoint 電圧と、前記ロータ位置検出用駆動電圧に基づいて形成された検出基準電圧とを比較し、その比較結果である検出パターンが予め用意されている検出論理パターン群の内のいずれかの検出論理パターンと一致するか否かを検出するパターン一致検出回路を備え、
- 15 一致するときには、その一致した検出論理パターンが示すロータ位置に応じた起動論理を発生する一方、一致しないときには、前記検出基準電圧を変更させるとともに、前記シーケンス回路からロータ位置検出用信号を発生させて、ロータ位置検出を繰り返して行うことを特徴とする、モータ駆動装置。
2. 前記ロータ位置検出用電圧は、前記ステータコイルの 1 相が低電位とオン・オフスイッチングで且つ前記ステータコイルの他相が高電位である状態と、前記ステータコイルの 1 相が高電位とオン・オフスイッチングで且つ前記ステータコイルの他相が低電位である状態とが相を順次変化させてシーケンシャルに発生されることを特徴とする、請求項 1 に記載のモータ駆動装置。
3. 前記予め用意されている検出論理パターン群は、同じロータ位置に対して異なった複数の論理パターンを含んでいることを特徴とする、請求項 1 に記載のモータ駆動装置。
- 25

4. 前記パターン一致検出回路は、前記複数のステータコイルに供給される前記ロータ位置検出用駆動電圧に基づいて形成される仮想中性点電圧と可変のオフセット電圧とを加算して前記検出基準電圧を得る検出レベル生成回路を有することを特徴とする、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のモータ駆動装置。
5. 前記仮想中性点電圧は、一端が各相への前記ロータ位置検出用駆動電圧が印加され、他端が共通接続された抵抗回路により形成されることを特徴とする、請求項 4 に記載のモータ駆動装置。
6. 前記オフセット電圧は、オフセット切り換え信号によってレベル及び又は極性が切り換えられることを特徴とする、請求項 4 に記載のモータ駆動装置。
- 10 7. 前記パターン一致検出回路は、前記中点電圧と前記検出基準電圧とを比較する比較器と、該比較器からの比較出力が順次入力され検出パターンとして記憶するレジスタと、該レジスタに記憶された検出パターンと前記予め用意されている検出論理パターン群とをパターン比較し、その比較結果に応じて、前記起動論理と、ロータ位置検出処理もしくはモータ駆動処理を指令するモードセレクト信号とを出力するデコーダを有することを特徴とする、請求項 1 に記載のモータ駆動装置。
- 15 8. センサレスモータと、このセンサレスモータを駆動する前記請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のモータ駆動装置とを備えることを特徴とする、電気機器。

図 1

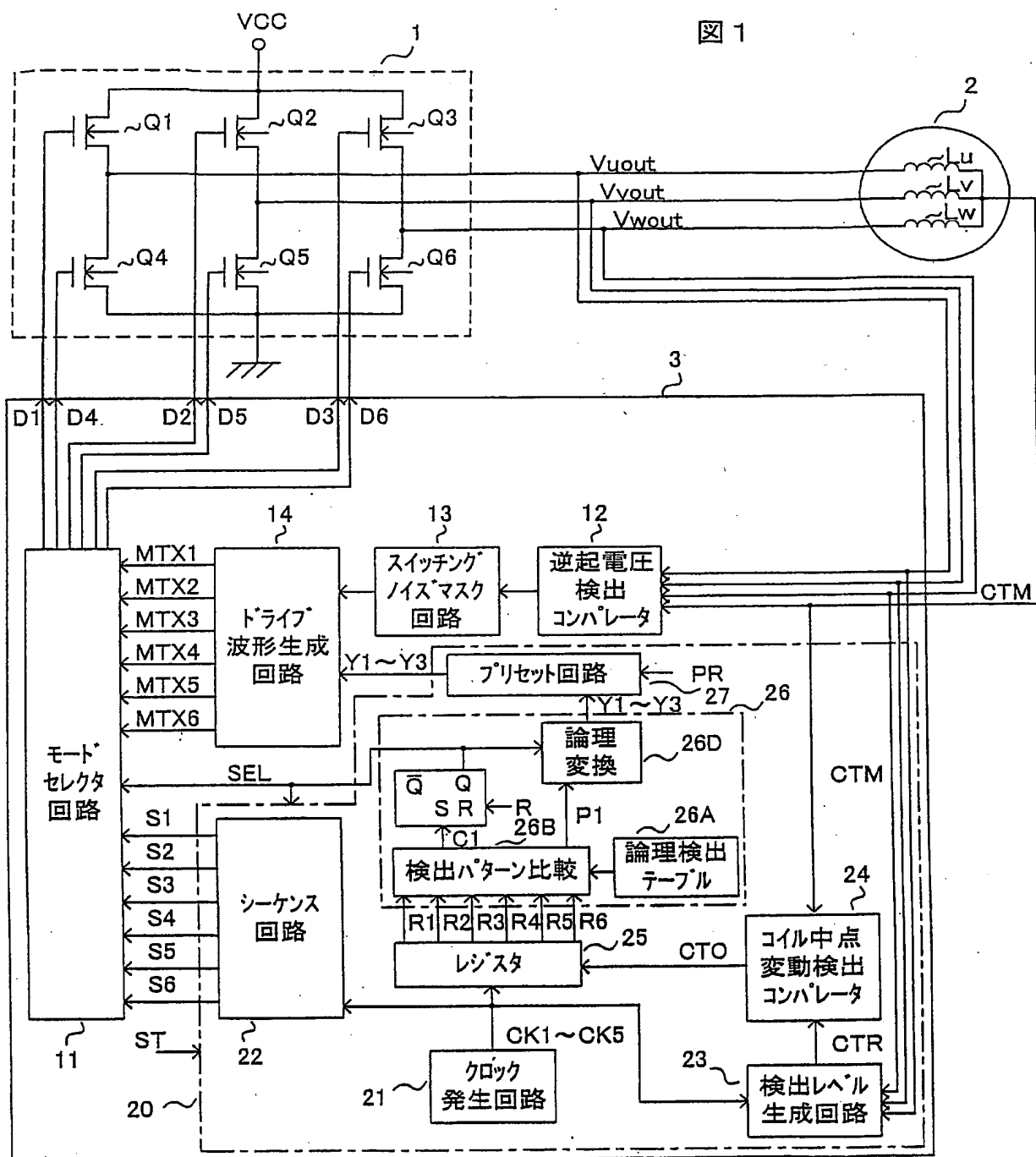
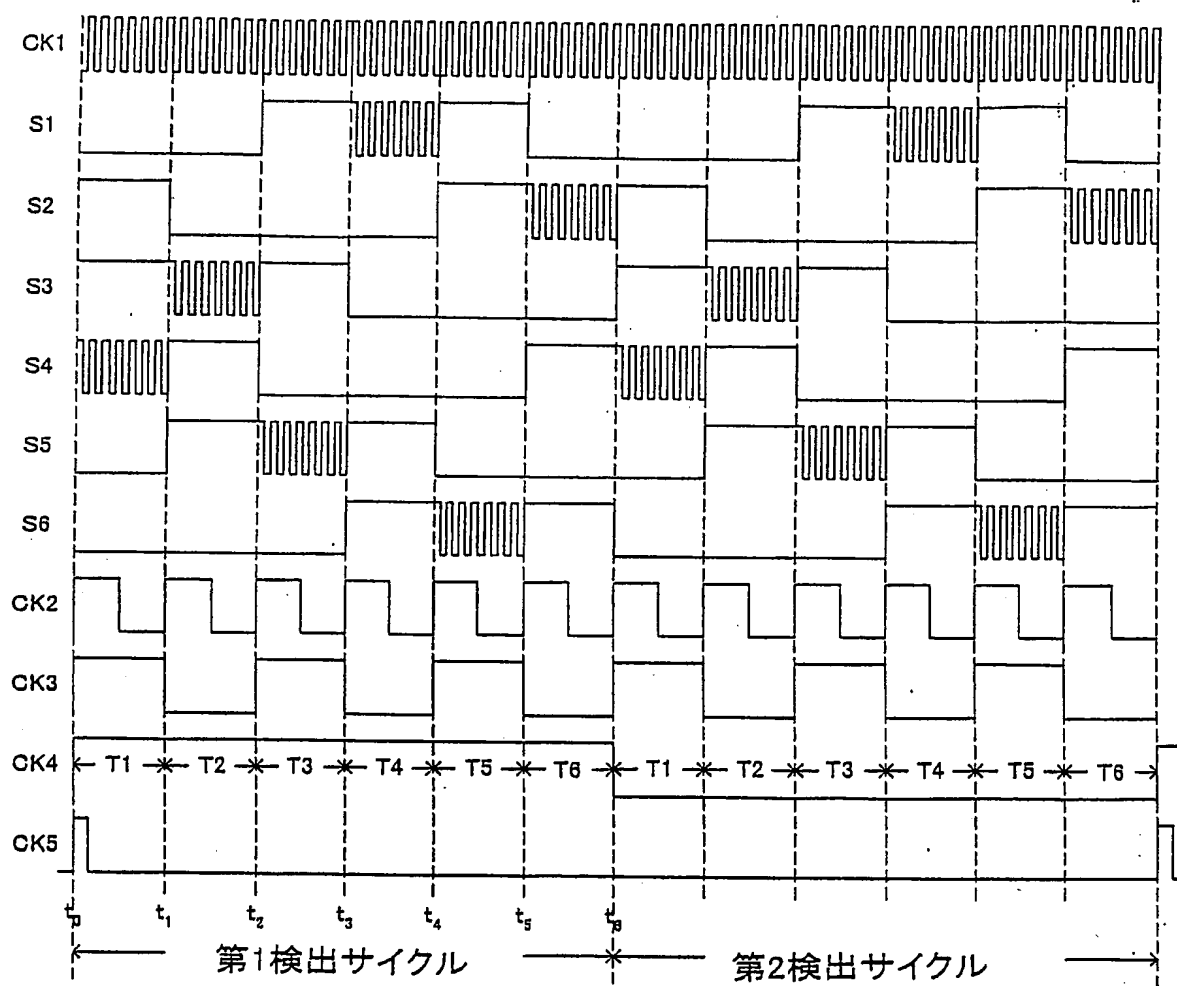


図 2



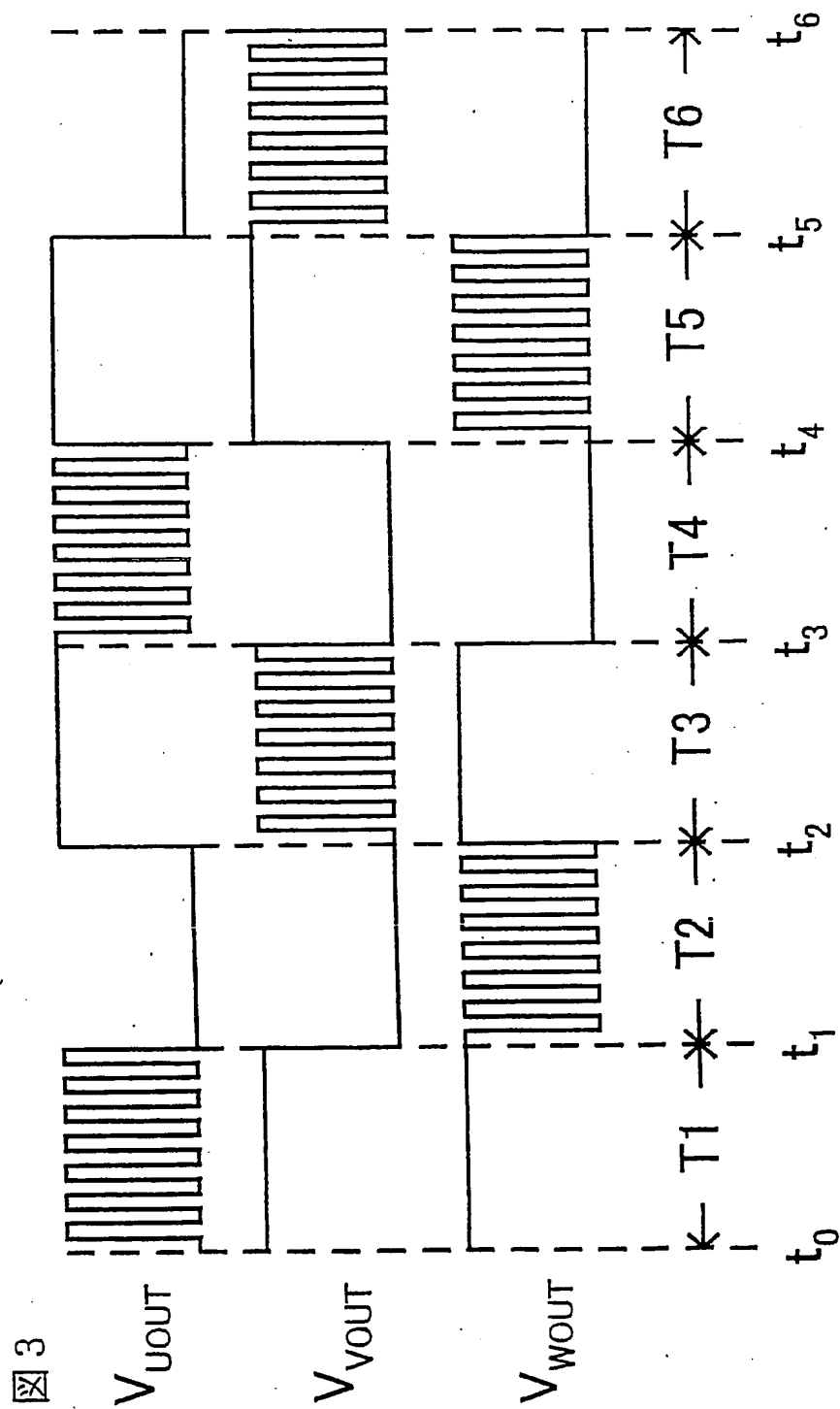


図 4. A

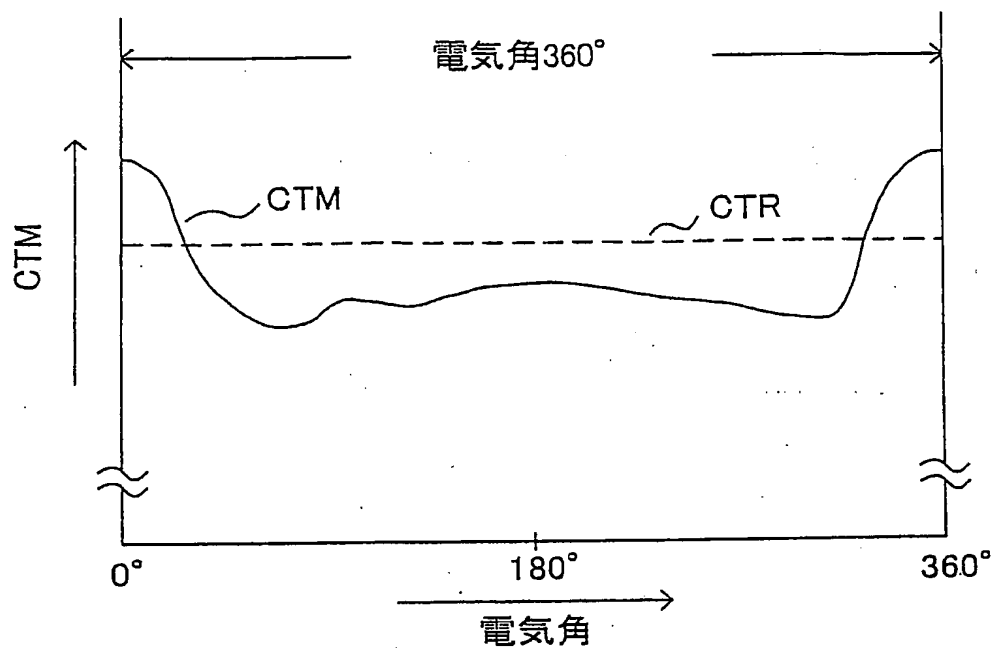


図 4. B

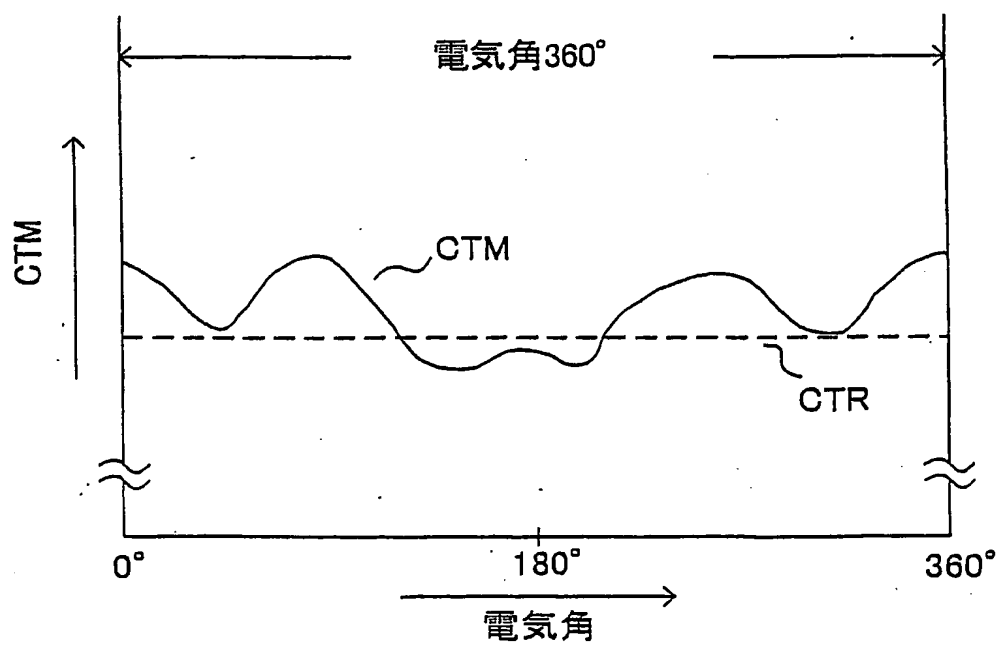


図 5. A

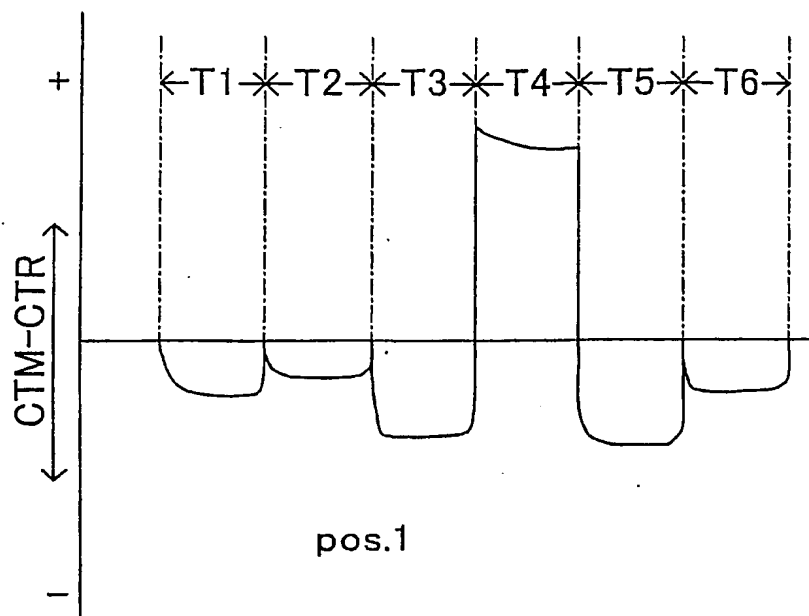


図 5. B

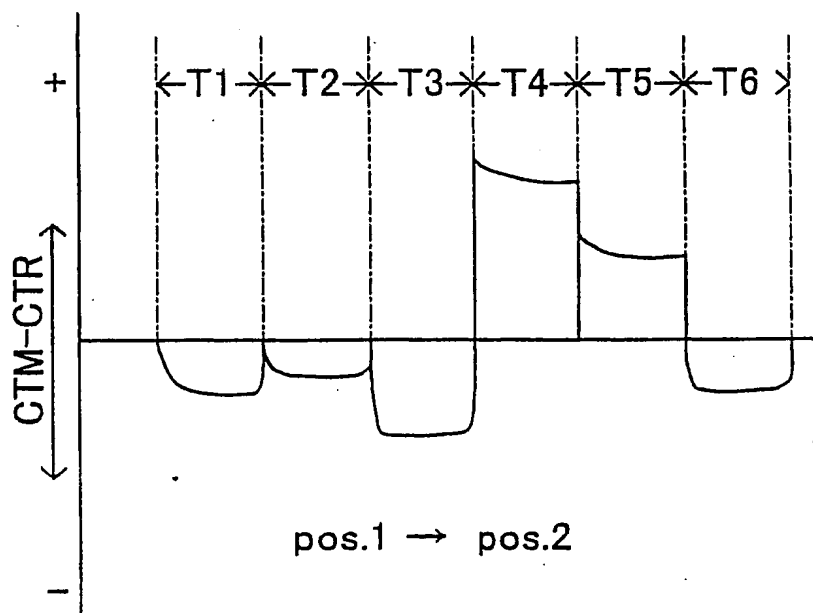


図 5. C

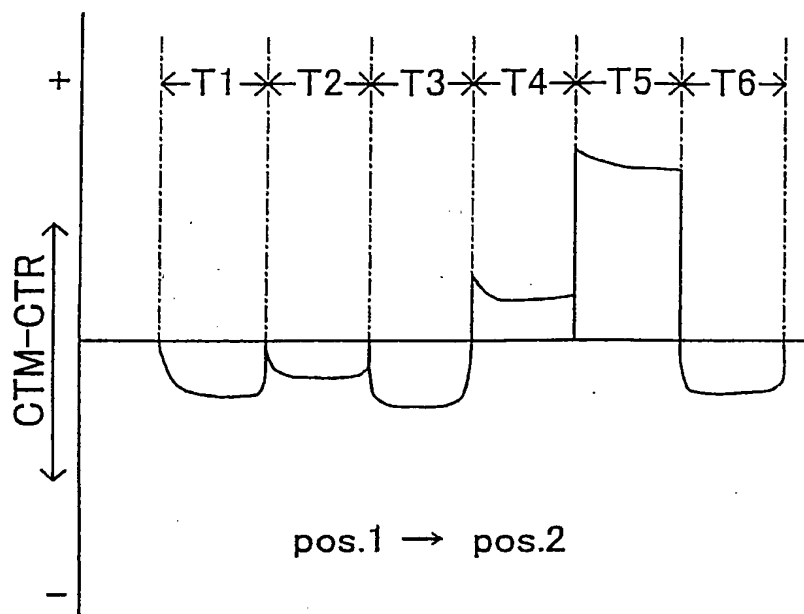


図 5. D

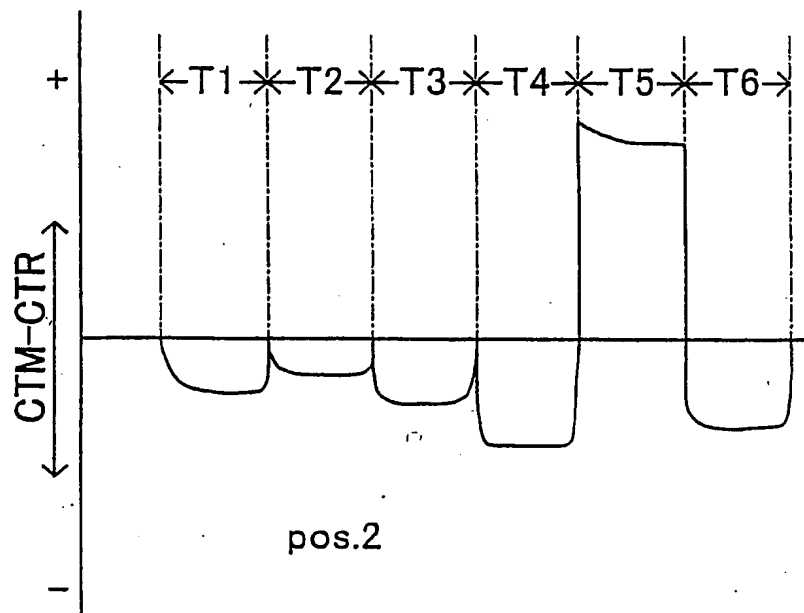


図 6. B

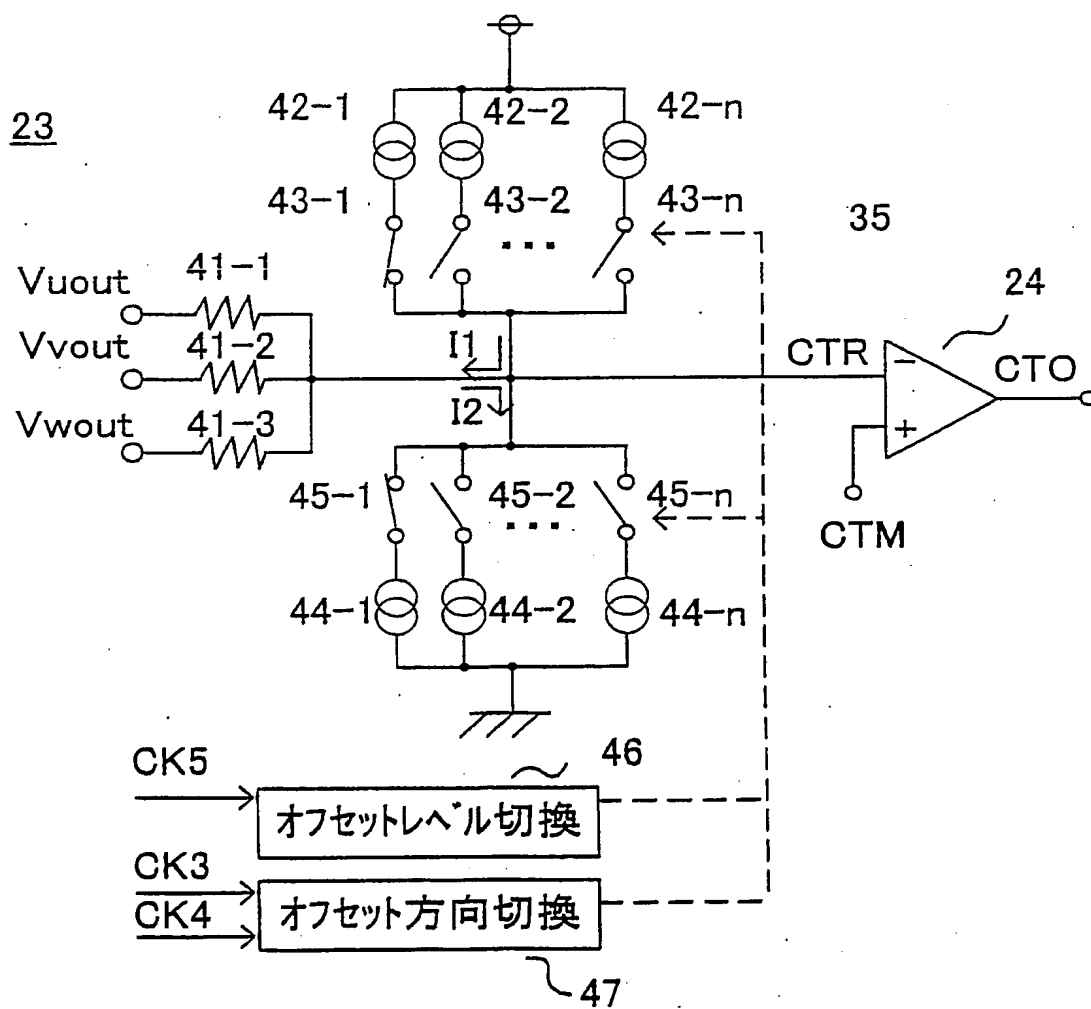


図7

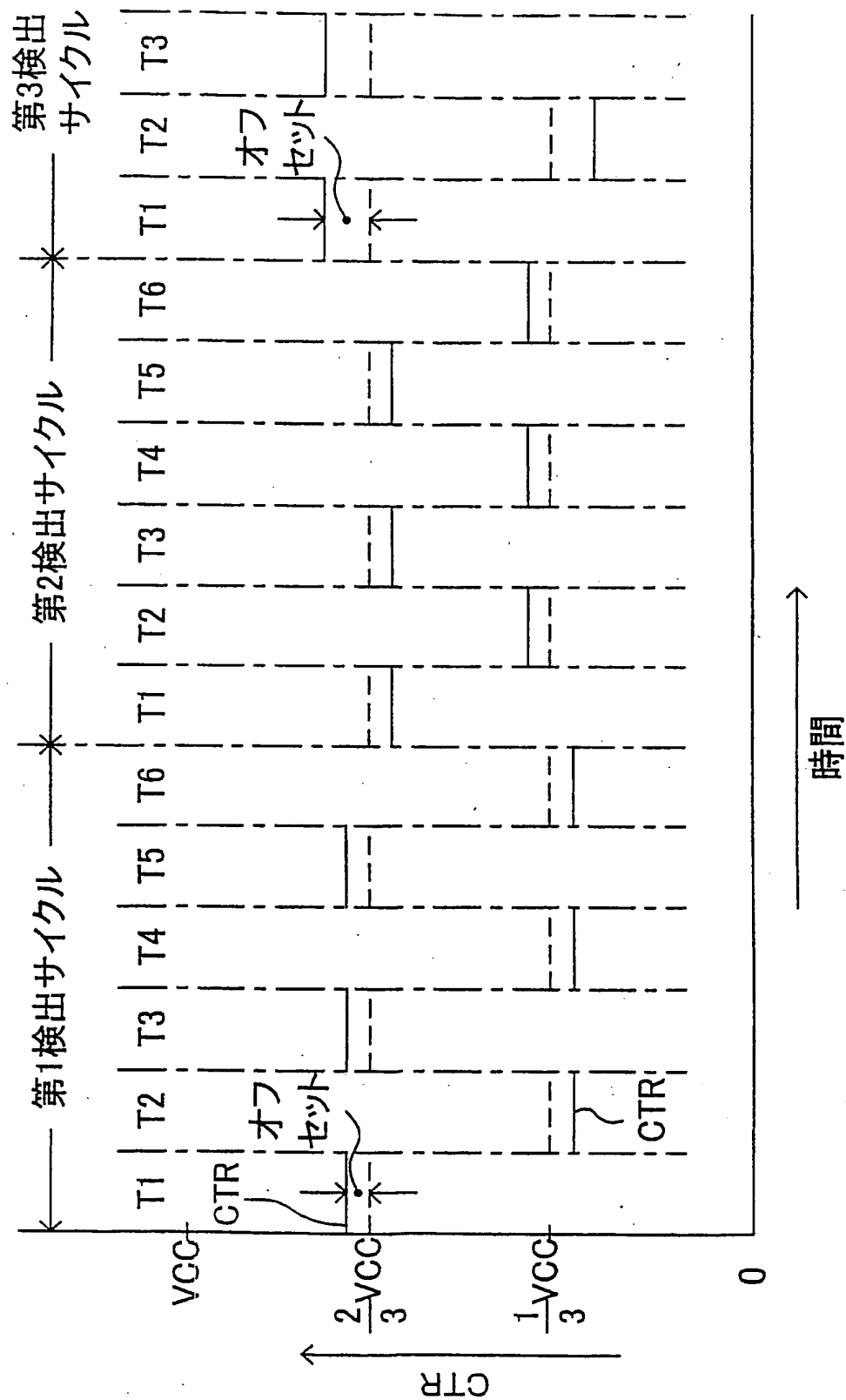


図 8

検出論理パターン1

	1	2	3	4	5	6	Y1, Y2, Y3
Pos. 1	L	H	H	L	L	L	(H, L, M)
Pos. 2	L	L	H	L	L	L	(H, M, L)
Pos. 3	L	L	H	H	L	L	(M, H, L)
Pos. 4	L	L	L	H	L	L	
Pos. 5	L	L	L	H	H	L	(L, H, M)
Pos. 6	L	L	L	L	H	L	
Pos. 7	L	L	L	L	H	H	(L, M, H)
Pos. 8	L	L	L	L	L	H	
Pos. 9	H	L	L	L	L	H	(M, L, H)
Pos. 10	H	L	L	L	L	L	
Pos. 11	H	H	L	L	L	L	(H, L, M)
Pos. 12	L	H	L	L	L	L	

検出論理パターン2

	1	2	3	4	5	6	Y1, Y2, Y3
Pos. 1	L	H	H	L	L	L	(H, L, M)
Pos. 2	L	H	H	H	L	L	(H, M, L)
Pos. 3	L	L	H	H	L	L	(M, H, L)
Pos. 4	L	L	H	H	H	L	
Pos. 5	L	L	L	H	H	L	(L, H, M)
Pos. 6	L	L	L	H	H	H	
Pos. 7	L	L	L	L	H	H	(L, M, H)
Pos. 8	H	L	L	L	H	H	
Pos. 9	H	L	L	L	L	H	(M, L, H)
Pos. 10	H	H	L	L	L	H	
Pos. 11	H	H	L	L	L	L	(H, L, M)
Pos. 12	H	H	H	L	L	L	

検出論理パターン3

	1	2	3	4	5	6	Y1, Y2, Y3
Pos. 1	H	H	H	H	L	L	(H, L, M)
Pos. 2	L	H	H	H	L	L	(H, M, L)
Pos. 3	L	H	H	H	H	L	(M, H, L)
Pos. 4	L	L	H	H	H	L	
Pos. 5	L	L	H	H	H	H	(L, H, M)
Pos. 6	L	L	L	H	H	H	
Pos. 7	H	L	L	H	H	H	(L, M, H)
Pos. 8	H	L	L	L	H	H	
Pos. 9	H	H	L	L	H	H	(M, L, H)
Pos. 10	H	H	L	L	L	H	
Pos. 11	H	H	H	L	L	H	(H, L, M)
Pos. 12	H	H	H	L	L	L	

検出論理パターン4

	1	2	3	4	5	6	Y1, Y2, Y3
Pos. 1	H	H	H	H	L	L	(H, L, M)
Pos. 2	H	H	H	H	H	L	(H, M, L)
Pos. 3	L	H	H	H	H	L	(M, H, L)
Pos. 4	L	H	H	H	H	H	
Pos. 5	L	L	H	H	H	H	(L, H, M)
Pos. 6	H	L	H	H	H	H	
Pos. 7	H	L	L	H	H	H	(L, M, H)
Pos. 8	H	H	L	H	H	H	
Pos. 9	H	H	L	L	H	H	(M, L, H)
Pos. 10	H	H	H	L	H	H	
Pos. 11	H	H	H	L	L	H	(H, L, M)
Pos. 12	H	H	H	H	L	H	

図 9

検出論理パターン1

	1	2	3	4	5	6	Y1, Y2, Y3
Pos. 1	H	H	L	L	H	L	(H, L, M)
Pos. 2	H	L	L	L	H	L	(H, M, L)
Pos. 3	H	L	L	H	H	L	(M, H, L)
Pos. 4	H	L	H	H	H	L	(L, H, M)
Pos. 5	H	L	H	H	L	L	(L, M, H)
Pos. 6	H	L	H	L	L	L	(M, L, H)
Pos. 7	H	L	H	L	L	H	(H, L, M)
Pos. 8	H	L	H	L	H	H	(H, M, L)
Pos. 9	L	L	H	L	H	H	(M, H, L)
Pos. 10	L	L	H	L	H	L	(L, H, M)
Pos. 11	L	H	H	L	H	L	(L, M, H)
Pos. 12	H	H	H	L	H	L	(M, L, H)

検出論理パターン2

	1	2	3	4	5	6	Y1, Y2, Y3
Pos. 1	H	H	L	L	H	L	(H, L, M)
Pos. 2	H	H	L	H	H	L	(H, M, L)
Pos. 3	H	L	L	H	H	L	(M, H, L)
Pos. 4	H	L	L	H	L	L	(L, H, M)
Pos. 5	H	L	H	H	L	L	(L, M, H)
Pos. 6	H	L	H	H	L	H	(M, L, H)
Pos. 7	H	L	H	L	L	H	(H, L, M)
Pos. 8	L	L	H	L	L	H	(H, M, L)
Pos. 9	L	L	H	L	H	H	(M, H, L)
Pos. 10	L	H	H	L	H	H	(L, H, M)
Pos. 11	L	H	H	L	H	L	(L, M, H)
Pos. 12	L	H	L	L	H	L	(M, L, H)

検出論理パターン3

	1	2	3	4	5	6	Y1, Y2, Y3
Pos. 1	L	H	L	H	H	L	(H, L, M)
Pos. 2	H	H	L	H	H	L	(H, M, L)
Pos. 3	H	H	L	H	L	L	(M, H, L)
Pos. 4	H	L	L	H	L	L	(L, H, M)
Pos. 5	H	L	L	H	L	H	(L, M, H)
Pos. 6	H	L	H	H	L	H	(M, L, H)
Pos. 7	L	L	H	H	L	H	(H, L, M)
Pos. 8	L	L	H	L	L	H	(H, M, L)
Pos. 9	L	H	H	L	L	H	(M, H, L)
Pos. 10	L	H	H	L	H	H	(L, H, M)
Pos. 11	L	H	L	L	H	H	(L, M, H)
Pos. 12	L	H	L	L	H	L	(M, L, H)

検出論理パターン4

	1	2	3	4	5	6	Y1, Y2, Y3
Pos. 1	L	H	L	H	H	L	(H, L, M)
Pos. 2	L	H	L	H	L	L	(H, M, L)
Pos. 3	H	H	L	H	L	L	(M, H, L)
Pos. 4	H	H	L	H	L	H	(L, H, M)
Pos. 5	H	L	L	H	L	H	(L, M, H)
Pos. 6	L	L	L	H	L	H	(M, L, H)
Pos. 7	L	L	H	H	L	H	(H, L, M)
Pos. 8	L	H	H	H	L	H	(H, M, L)
Pos. 9	L	H	H	L	L	H	(M, H, L)
Pos. 10	L	H	L	L	L	H	(L, H, M)
Pos. 11	L	H	L	L	H	H	(L, M, H)
Pos. 12	L	H	L	H	H	H	(M, L, H)

図 10

